Die Methoden zur Messung der geistigen Ermüdung der Schulkinder.

Aus dem hygienischen Institut
der Kgl. Universität Breslau.

Inaugural-Dissertation,

der

Hohen Medizinischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin und Chirurgie

vorgelegt von

Johannes Alexander,
approb. Arzt.

Breslau 1908.
Druck von Graß, Barth & Comp. (W. Friedrich) in Breslau.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Breslau.

Referent: Professor Dr. Flügge.

Bonhoeffer, Dekan.

Die Methoden zur Messung der geistigen Ermüdung der Schulkinder.

„Zahlreiche Einzeltatsachen und eine Reihe von Gründen vereinigen sich in fast zwingender Weise zu dem Schluß, daß die Nervosität gegen das Ende des 19. Jahrhunderts außerordentlich zugenommen hat und dem vielberufenen fin de siècle ein eigenartiges Gepräge verleiht. Als Grund hierfür ist in erster Linie die vorzeitige und übermäßige Belastung des kindlichen Gehirns mit geistiger Tätigkeit, wie sie den Schulen, besonders den Mittelschulen, und zum Teil gewiß mit Recht, vielfach zum Vorwurf gemacht wird, zu nennen."

Zu dieser Behauptung kommt Erb in seiner akademischen Rede über die wachsende Nervosität unserer Zeit und in noch dunkleren Farben malt Kraepelin, der von einer fast ununterbrochenen „Ermüdungsnarkose" der Schüler spricht, und die Kinder nur durch das Sicherheitsventil der Unaufmerksamkeit vor einem sicheren geistigen Ruin bewahrt glaubt.

Zwar hat es von Anfang an nicht an Gegnern solcher Anschauung gefehlt, indes eine Zeitlang schien es fast so, als ob es erwiesen sei, daß der Schulunterricht in seiner heutigen Form auch an die Leistungsfähigkeit gut veranlagter Kinder zu hohe Anforderungen stellte. Bald aber mehrten sich die Stimmen, die die für eine solche Überbürdung angeführten Beweise einer scharfen Kritik unterzogen und erst jüngst konnte Czerny in seinem Referat über den derzeitigen Stand der Überbürdungsfrage auf dem diesjährigen Kongreß für Hygiene den Leitsatz aufstellen:

„Überarbeitung durch die Schule ist für normale Kinder von keiner Seite erwiesen."

Indes diese These blieb nicht unwidersprochen, ein Beweis, daß auch heute noch keine Einigung in dieser wichtigen Frage erzielt ist, daß keine der angewandten Methoden zur Entscheidung des Streites genügt.

Auf Anregung von Herrn Geheimrat Flügge war nun schon vor mehreren Jahren von der Grätzer-Stiftung die Aufgabe gestellt, die Methoden zur Messung geistiger Ermüdung und ihr Resultat für die Frage der Überbürdung an der Hand der Literatur einer Kritik zu unterziehen und die Entscheidung durch eigene Versuche zu ergänzen. Das damals von Dr. Kobrak gesammelte Material habe ich im hiesigen hygienischen Institut zum Teil nachgeprüft, zum Teil ergänzt und abgeschlossen.

Zunächst hat man die Statistik herangezogen und mit ihrer Hilfe die Frage des Bestehens einer geistigen Überbürdung zu entscheiden versucht.

Hier sind zu nennen die ärztlichen Untersuchungen Warners an 14 Londoner Schulen, Nesteroffs Erhebungen „über die moderne Schule und die Gesundheit" und Schmid-Monnards Nachforschungen an 5100 Knaben und 3200 Mädchen über chronische Kränklichkeit, soweit dieselbe möglicherweise von der Schule abhängt.

Alle drei Autoren glauben die Frage in bejahendem Sinne entscheiden zu können.

Nesteroff sagt: die Geistesarbeit, die nach den Programmen der russischen Gymnasien von den Schulkindern verlangt wird, entspricht nicht den Bedingungen des kindlichen Organismus und widerstreitet den Grundsätzen einer wissenschaftlichen Hygiene.

Schmid-Monnard schließt:

1. In der ersten Schulzeit tritt eine Verminderung der Zunahme an Körpergewicht und -länge ein.
2. Die chronische Kränklichkeit ist verschieden häufig in verschiedenen Schulen. Sie tritt besonders da auf, wo der Unterricht über den ganzen Tag verteilt ist und wo den Schülern wenig oder keine freie Zeit bleibt, um genügend an die Luft zu kommen. Die Zahlen der chronisch Kränklichen stufen sich ferner so ab, daß die geistig wenig belasteten Mittelschulen trotz ihres körperlich minderwertigen Schülermateriales schließlich die wenigsten Kränklichen aufweisen. Auf einzelnen höheren Knabenschulen mit stärkerer Arbeitsleistung und ungünstiger Tageseinteilung übertrifft die Zahl der Kränklichen, besonders der Nervösen, sogar die der Mädchen aus gleichen Familien, obwohl doch die Mädchen als die zarteren und empfindlicheren gelten müssen.

In seinen weiteren Folgerungen aber verkennt Schmid-Monnard nicht, daß neben geistiger Überbürdung noch eine Reihe anderer Schädlichkeiten in und außerhalb der Schule in Betracht zu ziehen sind. Mangelhafte Beleuchtung, schlechte Ventilation der Schulräume, ungeeignete Lebensweise zu Hause, Überlastung mit anderen Unterrichtsgegenständen — Handfertigkeiten, Musik! — außerhalb der Schule, alle diese Faktoren sprechen mindestens ebenso für die Entstehung einer chronischen Kränklichkeit mit. So teilt Schmid-Monnard in einer anderen Arbeit folgende interessante Beobachtung mit: $^2/_3$ der musiktreibenden Schüler waren gerade die schwächsten der Klasse, und 50 % erhielten regelmäßig Bier und Wein und davon waren wieder 50 % nervös. Wie weit nun in jedem einzelnen Falle das eine oder das andere Moment oder mehrere zusammen als schädigend anzusehen sind, darüber erhalten wir auf diese Weise keinen Anhalt.

An demselben Mangel kranken andere statistische Erhebungen, wie sie von Bowditsch, Quetelet, Pagliani, Fahrner, Wretlind, Vahl, Liharzik, besonders Axel Key und in Deutschland von Jaeger angestellt sind.

Diese zielen darauf ab, durch zahlreiche Messungen und Wägungen Normalkurven der Entwicklung von Körpergewicht und -länge der Kinder festzulegen und an der Hand solcher Kurven mittels regelmäßiger Kontrolle bei anderen Kindern etwaige Entwicklungsstörungen sofort festzustellen. Unverkennbar hätte ein solches Verfahren großen praktischen Wert, nur darf man nicht aus den Resultaten — wie es häufig geschieht — Rückschlüsse auf das Bestehen einer Überbürdung durch die Schule machen. Auch hier bleibt die große Schwierigkeit, für etwaige Abweichungen von der Norm aus der großen Reihe der Möglichkeiten die für den einzelnen Fall zutreffenden Schädlichkeiten herauszusuchen, die sicher öfter im Elternhause als in der Schule zu finden sein werden.

In dieser Beziehung kann ich mich nicht der Ansicht Kollmanns anschließen, der glaubt, die Schädlichkeiten des Hauses hätten keine praktische Bedeutung, weil sie als unvermeidlich mit in den Kauf genommen werden müßten.

Wir werden also mit Hilfe der einfachen Statistik kaum die Überbürdungsfrage entscheiden können.

Eher ginge das schon durch ein Experiment, das Kollmann vorschlägt, nämlich Kinder mit der jetzt üblichen Schulbelastung zu vergleichen mit solchen, bei denen man die Belastung erheblich herabsetzte.

Paget hat diesen Vorschlag in die Tat umgesetzt: Er teilte die Klasse einer Schule; die eine Hälfte setzte ihre übliche Beschäftigung fort, die andere wurde mit weniger Schularbeiten, daneben mit körperlicher Arbeit in Baumschulen bedacht. Dabei soll die zweite Hälfte die erste hinsichtlich geistiger und körperlicher Leistungsfähigkeit wesentlich übertroffen haben.

Jedoch in großem Maßstabe lassen sich natürlich so eingreifende und langdauernde Experimente nicht durchführen und absolut einwandsfrei würden ihre Resultate auch nicht sein.

In Deutschland haben solche statistischen Erhebungen denn auch nie eine große praktische Bedeutung erlangt. Man versuchte hier vielmehr von vornherein die Lösung der Überbürdungsfrage durch naturwissenschaftlich-experimentelle Beobachtung herbeizuführen.

Grundlegend für diese Methoden war die Arbeit von Sikorski 1879, der Arbeiten von Burgerstein, Bolton, Höpfner, Keller, Gilbert, Januschke, Laser, Griesbach, Johnes, Richter, Schulze, Kemsies, Schuyten, Vannod, Wagner, Ebbinghaus, Friedrich, Teljatnik, Ritter, Blazek, Heller, Kraepelin, Wiederwitz, Adsersen, Sakaki, Schlesinger, Baur, Weichardt u. a. folgten.

Die Methoden, die diesen sämtlichen Arbeiten zugrunde liegen, lassen sich in zwei Gruppen sondern:

I. Methoden, bei welchen die zur Ermüdung führende geistige Arbeit gleichzeitig der Prüfstein ist.

II. Methoden, welche den Unterricht seinen gewöhnlichen Verlauf nehmen lassen und nur an bestimmten Abschnitten die Ermüdung durch kurzdauernde Untersuchung festzustellen suchen, und zwar:
   1. mittelst Prüfung durch geistige Arbeitsleistung;
   2. durch instrumentelle Messung nervöser Funktionen
      a) mit dem Ästhesiometer,
      b) mit dem Ergographen.

Zu den ersteren gehört zunächst eine Reihe von Versuchen, bei welchen den Schülern besonders konstruierte Arbeitspensen aufgegeben und aus der Veränderung der Quantität und Qualität des Elaborates mit dem Fortschreiten der Arbeitsdauer Rückschlüsse auf die geistige Ermüdung gezogen werden.

Am meisten beachtet und diskutiert sind hier die Burgersteinschen Rechenversuche. Kinder von durchschnittlich 11—13 Jahren erhielten eine Reihe Arbeitsstücke, die möglichst gleichartig und von gleicher Länge waren in Gestalt von einfachen Additions- und Multiplikationsexempeln, zu denen voraussichtlich flinke Rechner 10 Minuten Zeit brauchen würden.

Der Versuch dauerte 4 × 10 Minuten mit Pausen von je 5 Minuten, so daß gerade eine Unterrichtsstunde herauskam.

Ähnlich ist die Rechenmethode, die Kraepelin und seine Schüler vorzugsweise allerdings bei Erwachsenen ausgebildet haben. Einstellige Zahlen werden addiert und nach je 5 Minuten — auf ein Glockensignal — macht jede Versuchsperson unter die letztaddierte Zahl einen Strich.

Andere, wie Sikorski, Höpfner, verwandten zur Prüfung längere Diktate, Richter algebraische Aufgaben und griechische Verbalformen.

Die Resultate stimmen im wesentlichen überein. Sie ergeben eine Zunahme der Quantität und eine Abnahme der Qualität des Geleisteten. Beispielsweise war bei Burgerstein die Zunahme dessen, was die Kinder rechneten, relativ am stärksten von dem ersten zum zweiten Abschnitt, relativ am schwächsten vom zweiten zum dritten; im ganzen aber war sie so bedeutend, daß in den letzten 10 Minuten der Stunde volle 40 % Ziffern mehr gerechnet wurde, als in den ersten 10 Minuten. Die Qualität aber des Gerechneten verschlechterte sich und zwar wuchs die Zahl der falschen Ziffern weit stärker als es im Verhältnis zur Zunahme des Leistungsquantums gewesen wäre.

Ähnlich fand Sikorski bei seinen Prüfungsdiktaten eine Zunahme der Fehler um 33 %, Höpfner ein Anwachsen der Fehler von 0,9—6,4 % auf je 100 Buchstaben berechnet.

Was lehren nun diese Versuche? Ist man berechtigt, daraus eine geistige Überlastung durch eine Schulstunde zu konstruieren und eine Reduktion der Arbeitszeit als dringend erforderlich anzusehen — wie Burgerstein es tut? Oder soll man gar mit Kraepelin sich auf Grund dieser experimentellen Erfahrungen von dem Zustande der Schulkinder während des Unterrichtes ein erschreckendes Bild

machen. Kraepelin sieht die Zunahme der gerechneten Ziffern als Erfolg der Übung an und die Zunahme der Fehlerprozente als Ermüdungseffekt. Daraus folgert er dann die schon eingangs erwähnte Ermüdungsnarkose.

Wir glauben nicht, daß diese Schlüsse berechtigt sind, sondern stimmen der Kritik von Ebbinghaus rückhaltlos bei, der darauf hinweist, daß eine Schulstunde ganz etwas anderes ist als solch anhaltender Rechen- oder Diktatversuch. Denn 1) verlangt keine Schulstunde — abgesehen vielleicht von den wenigen, wo Extemporalien, Diktate, Klassenaufsätze verlangt werden — eine solche anhaltende geistige Anspannung. Dementsprechend braucht der Schüler eine wesentlich geringere geistige Anstrengung aufzuwenden, um dem Gang des Unterrichtes folgen zu können. Und 2) liegt in dem Versuch eine weit größere Monotonie als in einer Schulstunde. Dadurch wird das Resultat des Versuches wieder nach zwei Richtungen beeinträchtigt: einmal ermüdet die größere Eintönigkeit weit mehr, und außerdem wird den Schülern die Sache langweilig, sie rechnen flüchtiger — schneller, aber schlechter. Denn daß eine so kurze Zeit einen Übungszuwachs von 40 % bringen sollte, erscheint von vornherein unwahrscheinlich.

Die Bedenken, die hiernach dieser Methode entgegenstehen, wurden dann auch fast allgemein anerkannt. Man glaubte sie zu umgehen, indem man den Unterricht seinen gewöhnlichen Gang gehen ließ und zwischen die einzelnen Schulstunden kurzdauernde Untersuchungen einschob. Zunächst versuchte man auch hier wieder mit einer Prüfung der geistigen Leistungsfähigkeit zum Ziele zu kommen.

In dieser Weise verfuhren Laser, Kemsies, Friedrich u. a. mit Rechenaufgaben, Ritter und Friedrich mit Wortdiktaten. Wir wollen hier nur mit ein paar Worten auf die Friedrich'schen Untersuchungen eingehen, der besonders konstruierte Wortdiktate sowie Rechenaufgaben an verschiedenen Stellen des Unterrichtes einschob. An seinem großen Material weist er eine starke Abnahme der Qualität des Geleisteten mit dem Zuwachs der Schulstunden nach, während er durchweg eine günstige Einwirkung der Arbeitspausen feststellen konnte. Für jüngere Kinder mag diese Methode immerhin einiges leisten, einzuwenden bleibt, daß das Nachlassen des Interesses bei den Schülern sicher die Resultate beeinflußt, und daß die einzelnen Diktate untereinander kaum gleichwertig herzustellen sein dürften.

Weiter ausgebaut haben dann diese Methode Teljatnik und Ebbinghaus, indem sie die Prüfung mehrerer geistiger Fähigkeiten heranzogen. — Der erstere prüfte die Aufmerksamkeit der Schüler, ihr Vermögen Gehörtes oder Gesehenes im Gedächtnisse zu behalten und zu erkennen, sowie die Fähigkeit, verschiedene arithmetische Aufgaben zu lösen.

Ebbinghaus unterscheidet eine Gedächtnis-, eine Rechen- und eine Kombinationsmethode.

Ein Schultag, an dem die Ebbinghausschen Methoden zur Anwendung kamen, hatte folgenden Verlauf.

Es wurde jedesmal nur je eine Methode angewandt, zuerst gleich beim Eintritt in die Schule, alsdann am Ende jeder Lehrstunde. Die Rechenmethode sollte genau 10 Minuten, die Kombinationsmethode genau 5 Minuten, die Gedächtnismethode auch annähernd 5 Minuten in Anspruch nehmen. — Im einzelnen gestalteten sich die Methoden folgendermaßen:

1. Rechenmethode: Wie bei Burgerstein werden Additions- und Multiplikationsexempel gestellt.
2. Gedächtnismethode: Es werden den Kindern kurze Reihen einsilbiger Zahlen in verschiedenen Anordnungen und mit einer bestimmten Geschwindigkeit vorgesagt. Nach Anhören einer Reihe müssen die Kinder niederschreiben, was sie behalten haben.
3. Kombinationsmethode: Prosatexte werden durch kleine Auslassungen unvollständig gemacht und den Kindern zur sinnvollen Ergänzung der Lücken vorgelegt.

Die Art der Berechnung der Resultate gestaltete sich folgendermaßen: Bei den Rechenaufgaben wurde die Zahl der gerechneten Ziffern überhaupt und die der

falschen Ziffern festgestellt. Bei der Gedächtnismethode wurde teils eine Zählung der falschen Reihen vorgenommen, meist aber noch die Zahl der einzelnen Fehler berechnet, wobei jede falsche Ziffer als ganzer, jede richtige aber an falsche Stelle geratene Ziffer als halber Fehler galt.

Bei der Kombinationsmethode schließlich wurde jede übersprungene Silbe als halber Fehler, jede sinnwidrig ausgefüllte Silbe, sowie Verstöße gegen die vorgeschriebene Silbenzahl als ganzer Fehler gerechnet. Dann wurde die Gesamtsumme der Fehler von der Bruttozahl der ausgefüllten Silben in Abzug gebracht und der so erhaltene Wert als Maß für das Quantum der richtig geleisteten Arbeit betrachtet,

Die so gewonnenen Resultate sind, soweit sie sich auf die Ermüdung beziehen. kurz folgende.

Mit der Gedächtnismethode ist eine Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit durch den fünfstündigen Vormittagsunterricht nicht nachweisbar.

Eine, allerdings nicht erhebliche, Abschwächung — gleichmäßig in höheren wie in niederen Klassen — ergibt die Rechenmethode.

Die Kombinationsmethode ergibt wegen der sonst noch mitspielenden Einflüsse für die Ermüdung an sich kein Resultat, beweist aber, daß die Schüler der untersten Klassen (10—12 Jahre) sicher stärker ermüden als die der höheren Klassen.

Was nun den Wert und die praktische Brauchbarkeit dieser Methoden betrifft, so verkennt Ebbinghaus selbst nicht eine Reihe von Mängeln.

Die Resultate aller drei Methoden sind leicht durch äußere Umstände, Nachlassen des Interesses der Schüler u. a. beeinflußbar. Im einzelnen gilt für die Rechenversuche das bei der Kritik der Burgersteinschen Anordnung Gesagte. Bei der Gedächtnismethode spielt die Individualität des Lehrers, der die Zahlen vorsagt, eine große Rolle. Abschreiben und Vorsagen sind nicht genügend zu verhindern.

Die Kombinationsmethode kann auch nicht als absoluter Maßstab für die Leistungsfähigkeit der Schüler gelten, weil bei ihr persönliche Begabung, — Schnelligkeit der Auffassung, formale Gewandtheit in der Handhabung der Sprache — eine wesentliche Rolle spielen. Indes hat Ebbinghaus nachgewiesen, daß von allen seinen Methoden die Resultate der Kombinationsversuche am meisten der geistigen Leistungsfähigkeit der Schüler entsprachen, indem die Menge der geleisteten Arbeit von dem obersten zu dem untersten Drittel jeder Klasse durchweg abnahm, die Prozentzahl der dabei gemachten Fehler durchweg zunahm; mit anderen Worten, je schlechter die Schüler, um so schlechter die Resultate. —

Wir hätten also an dieser Methode ein gutes relatives Maß für die Ermüdung, wenn nicht Abnahme des Interesses, Übungseinflüsse und unvermeidliche Ungleichmäßigkeit der einzelnen Texte im Wege stünden.

Ebbinghaus selbst bespricht ausführlich die Fehlerquellen seiner Versuche, die denn auch keinen Eingang in die Praxis gefunden haben. — Wenig in die Wagschale fällt u. E. ein Moment, das Griesbach besonders betont, daß nämlich keine der Ebbinghausschen Methoden ein reines Bild derjenigen Ermüdung gäbe, wie sie durch den Unterricht hervorgerufen wird, sondern daß sich zu der Ermüdung durch diesen noch diejenige addiere, welche die Methode selbst hervorbringt.

Dafür ist doch die Dauer der Versuche zu kurz.

Immerhin wäre es von großem Werte, wenn Griesbach recht hätte mit der Überlegenheit der instrumentellen Methoden, die unabhängig seien von Begabung oder Beschränktheit, Fleiß oder Trägheit, Ehrgeiz oder Gleichgültigkeit, Interesse oder Langeweile, bei denen Gewöhnung und Übung kaum in Betracht kommen und die die Ermüdung tatsächlich so wiedergäben, wie sie im Augenblicke des Versuches vorhanden sei. Vielleicht dürfen wir auch hoffen durch die instrumentellen Methoden eine physiologische Norm zu gewinnen, an der wir den Grad der Ermüdnng messen können, was mit keiner der bisher beschriebenen Versuchsmethoden möglich war.

Von diesen Methoden kommt zunächst in Betracht das Griesbachsche Ästhesiometerverfahren, das die Fechnersche Raumschwelle, d. h. die kleinste Distanz, bei der zwei auf die Haut gesetzte Zirkelspitzen noch gerade getrennt empfunden werden, zur Grundlage hat. Griesbach geht dabei von folgender

Voraussetzung aus: Da die Aufmerksamkeit im Augenblicke des Versuches einen verkleinernden Einfluß auf die physiologischen Empfindungskreise der Haut ausübt, so ist es sehr begreiflich, daß geistig ermüdete Personen, die mit zunehmender Abspannung immer weniger Aufmerksamkeit besitzen, eine entsprechende Vergrößerung der Empfindungskreise zeigen. Daher liegt in der Prüfung des Empfindungsvermögens der Haut vermittels des als Ästhesiometer dienenden Zirkels eine Methode zur Ermittlung geistiger Ermüdung, und die bei der Prüfung erhaltenen, in irgend einem Maßsystem ausgedrückten Zahlenwerte, verglichen mit denjenigen, welche sich im Zustande physiologischen Gleichgewichts bei der Prüfung ergeben, bilden ein Maß für den Grad der geistigen Ermüdung.

Die Griesbachsche Methode hat von vornherein eine sehr widersprechende Beurteilung erfahren:

Teljatnik äußert, selbst zugegeben, daß die Vergrößerung der Raumschwelle auf die beginnende Ermüdung der Aufmerksamkeit hinweist, so unterliegt doch auch in diesem Falle das Bestehen der Ermüdung anderer Seiten des psychischen Lebens noch dem Zweifel. Ebbinghaus bezeichnet es als großen Mangel, daß man keine Kenntnis davon habe, welche Steigerung der allgemeinen geistigen Ermüdung einer bestimmten Verminderung der Hautsensibilität entspreche. Kraepelin zweifelt überhaupt, ob die Bestimmung der Raumschwelle ohne weiteres als Maß für die geistige Ermüdung benützt werden könnte. Nach Kraepelin spielen hier vielleicht ganz andere Einflüsse, z. B. Veränderung der Zirkulation nach Turnen eine Rolle. — Leuba nimmt unter solchen, die Größe der Raumschwelle unabhängig von der Ermüdung beeinflussenden Faktoren Temperatur der geprüften Hautoberfläche, Art der unabhängig vom Ermüdungszustand dem Reize zugewandten Aufmerksamkeit u. a. m. an. Leuba kommt allerdings zu seinem absolut absprechenden Urteil über das Griesbachsche Verfahren auf Grund von Kontrollversuchen, die nach der Kraepelinschen Rechenmethode angestellt sind, und die ein ganz anderes Bild ergaben, als den Ästhesiometerwerten entsprach. Nach dem früher Gesagten werden wir aber diese Kritikversuche nicht als einwandfrei ansehen können; immerhin wird man den rein theoretischen Bedenken Leubas Berechtigung kaum absprechen können. Überhaupt mehren sich nach einer kurzen Periode — wo das Ästhesiometer als ideales Ermüdungsmaß galt — die Stimmen, die vor einer Überschätzung der damit erhaltenen Resultate warnen. Ritter z. B. hält subjektive Täuschungen und Trübnngen für unvermeidlich, Weichardt konstatiert, daß gelegentlich auch die Angaben ganz intelligenter Versuchspersonen vag nnd ungenau sind. Angaben von Schulkindern dürften aus diesem Grunde nur mit großer Reserve als wissenschaftliche Voraussetzungen für bedeutungsvolle Schlußfolgerungen zu gelten haben.

Aus einem anderen Grunde rät Abdersen zur Vorsicht. Er hat an sich selbst Ästhesiometermessungen vorgenommen und festgestellt, daß die Empfindungskreise schon physiologisch im Verlaufe eines Tages verschieden groß sind und zwar derart, daß mit Steigerung der Körpertemperatur die Sensibilität empfindlicher wird.

Dem gegenüber stehen nun eine Reihe von Autoren, die die Methode für praktisch verwertbar halten, und auch praktisch angewendet haben, um aus den Resultaten weitgehende Schlüsse bezüglich der Überbürdungsfrage zu ziehen.

Zunächst hat Griesbach selbst sein Instrument an der Ober-Realschule und dem Gymnasium in Mühlhausen erprobt und die dort gefundenen Werte verglichen mit solchen von jungen Leuten, die in Webereien, Maschinenwerkstätten tätig waren. Auf Grund hiervon kommt Griesbach zu dem Schluß, daß — wenn die Methode nicht gänzlich unzureichend ist — kein Schulknabe und selbst kein Erwachsener ohne Gefahr für seine Gesundheit Tag ein Tag aus geistig so lange zu arbeiten imstande ist, wie es der heutige höhere Unterricht bei strenger Durchführung erreicht. Die Messungen haben namentlich mehrfach die Tatsache erbracht, daß nach dem Morgenunterricht das normale Empfindungsvermögen der Haut und damit geistige Erholung um 2 Uhr nachmittags noch nicht zurückgekehrt ist. Wenn aber das noch müde Gehirn aufs neue in Anspruch genommen wird, so kann dies auf die Dauer zu ernstlicher Schädigung der Gesundheit führen.

Hinsichtlich der Methodik äußert sich Griesbach dahin, daß einigermaßen genaue Resultate nur dann zu erzielen sind, wenn derselbe Experimentator die Untersuchung unter Berücksichtigung nur weniger Hautstellen auf höchstens 2—3 Versuchspersonen ausdehnt.

Trotzdem hat Wagner Untersuchungen gleichzeitig an 8—10 Schülern angestellt am Gymnasium zu Darmstadt. Er fand die Norm überschreitende Werte hauptsächlich bei auswärtigen, die einen weiten Schulweg hatten und bei nervösen, besonders dazu noch aufmerksamen Kindern, sonst höchstens gegen Ende des Schuljahres, aber sicher nicht regelmäßig.

Vannod glaubt im wesentlichen die Befunde Griesbachs bestätigen zu können.

Eine genaue Studie über die verschiedenen Ermüdungswerte verschiedener Unterrichtsgegenstände, den Einfluß körperlicher Bewegung ꝛc. ist mit dem Ästhesiometer von Sakaki an 4 japanischen Schulen gemacht. Er findet die Methode exakt und praktisch bequem.

Auf Grund des vorliegenden Materiales werden wir also kaum zu einem abschließenden Urteil über das Ästhesiometerverfahren kommen. Ich habe deshalb zur Ergänzung eigene Versuche angestellt.

Ehe ich jedoch dazu übergehe, sei kurz das registriert, was wir in der Literatur über das zweite Meßinstrument der Ermüdung, den Ergographen finden.

Mosso hat nachgewiesen, daß eine Ermüdung der psychischen Zentren die motorischen Zentren beeinflußt. Er hat die Hypothese aufgestellt, daß der Blutstrom den Muskeln nützliche Stoffe zu entziehen vermag, um sie dem Hirn zuzuführen, das großer Energievorräte bedarf, um sie in Gedankenarbeit umzusetzen. — Wir können uns hier auf eine Diskussion dieser Theorie nicht einlassen, erwiesen scheint jedenfalls durch zahlreiche Versuche, daß geistig ermüdete Personen geringere Muskelkraft aufzuwenden vermögen, als geistig frische. Diese Tatsache hat Mosso dahin geführt, den von ihm gebauten Ergographen auch als Meßinstrument für geistige Ermüdung zu benutzen. Dieser Apparat, der ursprünglich zur Messung der muskulären Kraft bestimmt war — ist folgendermaßen eingerichtet: Vorderarm, Hand, Ring- und Zeigefinger werden auf einem Brette fixiert, der Mittelfinger hebt ein über eine Rolle laufendes Gewicht nach dem Takte eines Metronoms. Die Hübe werden entweder auf dem berußten Mantel eines rotierenden Zylinders oder durch einen mit jedem Hube mitgehobenen Bleistift auf ein Blatt Papier aufgezeichnet. Aus der Summe der einzelnen Hubhöhen und dem gehobenen Gewicht ist die gesamte Arbeitsleistung leicht zu berechnen.

Die Methode an sich hat speziell auch für Schüleruntersuchungen recht günstige Beurteilung gefunden, nur ist von den verschiedensten Seiten auf die technischen Schwierigkeiten hingewiesen worden. Jedenfalls sind die Versuchspersonen vorher hinreichend auf den Apparat einzuüben und damit das Moment der Übung möglichst auszuschalten. Aus den technischen Schwierigkeiten erklärt es sich wohl auch, daß für die Praxis der Schüleruntersuchungen der Ergograph wenig Anklang gefunden hat. Sie sind eigentlich bisher in ausgedehnterem Maße nur von Keller und Kemsies gemacht worden. Kemsies hat zunächst die Brauchbarkeit des Ergographen als Meßinstrument für geistige Ermüdung durch Versuche am eigenen Körper studiert und ist dann zu Untersuchungen der Schulkinder übergegangen. Über den Wert derselben äußert sich Kemsies folgendermaßen:

Das Sinken der Aufmerksamkeit und des Interesses, der Qualität und Quantität der Leistungen kann oft einige Zeit unterdrückt werden, wenn der Wille dazu vorhanden ist, die Muskeldepression läßt sich aber durch die stärkste Willensanstrengung nicht verdecken. Eine andauernde Muskeldepression kann deshalb als wahrhaftes Kriterium der Überbürdung dienen.

Auf Grund der Messungen beantwortet Kemsies die Frage der zeitweiligen Überbürdung der Schüler unserer höheren Lehranstalten in bejahendem Sinne. — Er rät bei Kindern von 10—12 Jahren eine Stundenzahl von 4, für solche von 12 bis 14 Jahren eine solche von 5 möglichst nicht zu überschreiten.

Die Kellerschen Resultate sind ähnlich.

Aus dem bisher Angeführten ergibt sich, daß von allen Methoden, die bisher zur Lösung der Überbürdungsfrage angegeben worden sind, höchstens die instrumentellen einer Nachprüfung wert erscheinen.

Beim Ästhesiometer habe ich schon an der Hand der Literatur eine Reihe schwerwiegender Bedenken erörtert, meine eigenen Versuche führen mich zu einer völligen Ablehnung der Griesbachschen Methode. Zunächst wurden Vorversuche an Erwachsenen angestellt. Benutzt wurde das von Griesbach selbst verbesserte Ästhesiometer mit abgestumpften Zirkelspitzen; der beim Aufsetzen derselben angewandte Druck kann an einer Skala in Grammen abgelesen werden, er betrug bei unseren Versuchen 4 gr. — Jeder, der mit diesem Instrument zu operieren versucht, erkennt sehr bald, wie großer Übung es bedarf, um auch nur einigermaßen brauchbare Werte zu bekommen. Ich habe an Erwachsenen eine Reihe von Ästhesiometermessungen gemacht, will mich aber in folgendem im wesentlichen an die Zahlen Kobraks halten, dem eine weit größere Übung wie mir zur Verfügung stand.

Benutzt wurde zum Aufsetzen des Zirkels die unbehaarte Schläfe. Aber schon da finden wir bald eine große Schwierigkeit. Man muß mit peinlichster Genauigkeit immer dieselbe Hautstelle wählen, weil schon kleine Verschiebungen ganz andere Resultate ergaben. Die einzelnen benachbarten Hautpartien nämlich zeigen grundverschiedene Schwellenwerte, wie sich aus folgender, an zwei erwachsenen Versuchspersonen gewonnenen Übersicht ergibt.

Mitte der Glabella	9,6	11.5 mm,
Zwischen Stirnhöcker und Glabella . .	10,7	10,2 „
An den Stirnhöckern	11,8	10,5 „
Über der Mitte der Glabella . . .	11,5	16,5 „
Unter der Mitte der Glabella . . .	8,5	8,2 „ .

Weiter fragt es sich, wie sollen wir messen? Sollen wir von engem Abstand zum weiteren übergehen, vom weiteren zum engeren, oder ganz willkürlich bald engen, bald weiten Abstand der Zirkelspitzen wählen?

Schon Wagner erwähnt, daß diese drei Methoden unter sich nicht gleiche Werte geben. Beim Übergang von eng zu weit und dann weit zu eng haben wir Differenzen bis zu 4 mm, im Mittel 2 mm gefunden!

Immerhin ließe sich diese Fehlerquelle ja durch strenges Innehalten immer derselben Maßmethode umgehen; für die Beurteilung der ganzen Methode mehr ins Gewicht fällt folgendes: Bestimmt man die Entfernung, in der gerade noch 2 Punkte deutlich getrennt empfunden werden, und geht dann langsam zu der Entfernung zurück, in der sicher nur ein Punkt empfunden wird, so liegt zwischen diesen beiden Zirkelabständen nicht wie man a priori erwarten sollte, eine minimale Distanz, sondern eine verhältnismäßig große unsichere Breite, in der also selbst der gut aufmerkende Erwachsene in seinen Angaben schwankend ist.

Folgende Übersicht möge das erhellen, in der Werte von verschiedenen Tagen zusammengestellt sind.

	gerade noch deutlich 2 Sp.	1 Sp.	Unsich. Breite
1.	13,7	9,9	3,8
2.	17,0	10,0	7,0
3.	18,0	7,0	11,0
4.	18,4	14,0	4,4
5.	15,0	11,0	4,0
6.	15,0	12,0	3,0
7.	16,4	11,0	5,4
8.	17,5	8,8	8,7

Ähnliche Unterschiede sind bei allen anderen Versuchspersonen nachzuweisen. Man kann diese Fehlerquelle mit Hilfe der Wahrscheinlichkeitsrechnung ausschalten, doch sind dazu immer sehr zahlreiche Beobachtungen erforderlich, so daß die Methode für praktische Zwecke zu zeitraubend und kompliziert würde.

Des weiteren läßt sich unschwer feststellen, daß die Morgenwerte z. B. bei derselben Person selbst nach annähernd gleichen Bedingungen — Schlafdauer, Beschäftigung — an verschiedenen Tagen nicht unerheblich schwanken.

Auch hierfür mögen als Beleg einige Zahlen folgen:

Morgenwerte derselben Person:

12,5	9,9	11,5
7,7	12,7	9,7
11,8	11,5	6,0
10,9	10,8	8,9
10,5	9,7	8,0
8,3	6,0	7,1
8,9	8,4	8,0
8,7	6,9	

Betont sei noch ausdrücklich, daß diese Werte ausgesucht unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen gewonnen wurden.

Wie leicht könnte man aus solchen Zahlen bei einem Schüler eine häufige Übermüdung schon vor Beginn der Schule noch vom vorhergegangenen Tage konstruieren.

Schließlich ist noch eins mit Leichtigkeit nachzuweisen. Die angespannte Aufmerksamkeit, die die Untersuchung erfordert, ermüdet selbst sehr stark. Hat man z. B. einen Ermüdungsversuch — sagen wir einen Rechenversuch — machen lassen und will nun mit dem Ästhesiometer den Grad der Ermüdung — natürlich durch mehrmalige Zirkelmessungen — feststellen, finden wir schon beim 3., 4. Mal einen größeren Zirkelabstand, einfach weil wir die durch den Versuch bedingte und die durch die Untersuchung erzielte Ermüdung messen.

Schon diese Vorversuche genügten, um die Brauchbarkeit der Methode als sehr zweifelhaft erscheinen zu lassen. Bei Schüleruntersuchungen kommen aber noch besondere Schwierigkeiten hinzu:

1. Es können immer nur — wie Griesbach selbst hervorhebt — gleichzeitig 2—3 Schüler untersucht werden. Eine regelmäßige Kontrolle des Schülermaterials mit dem Ästhesiometer würde also einen ungeheuren Aufwand von Zeit und Mühe kosten, zumal jeder Untersucher sich erst eine ausreichende Technik aneignen und dauernd in der Übung bleiben muß;

2. aber ist man ganz von dem guten Willen der Schüler abhängig. Hat die Untersuchung den Reiz der Neuheit verloren, so ist der Schüler unaufmerksam und in seinen Antworten ungenau. Ganz besonders tritt das zutage, wenn man z. B. nach einem Ermüdungsversuch die Schlußuntersuchung vornehmen will. Meist betrachten das die Kinder nur als eine unwillkommene Verzögerung des Fortkommens ins Freie und sind nur mit Mühe zu fesseln. Ihre Angaben sind dementsprechend ungenau und praktisch nicht verwertbar.

Es ergibt sich also, daß dem Griesbachschen Ästhesiometer tatsächlich nur der Schein der Objektivität zukommt und daß die weitgehenden Schlußfolgerungen Griesbachs bezüglich der geistigen Überbürdung der Schulkinder einer tatsächlichen Unterlage entbehren.

Ich begann nunmehr eine Untersuchungsreihe mit dem Mossoschen Ergographen. Auch hier ging ich wieder so vor, zunächst durch Versuche an mir selbst und anderen Erwachsenen die Brauchbarkeit der Methode zu prüfen. Dabei fiel mir von vornherein auf, daß ich die Angabe Mossos — die Form des Profils stelle für jede Person eine Konstante dar und bezeichne die Verschiedenheit, mit welcher die Ermüdung verlaufe — nicht bestätigen konnte. Ein Blick auf die beigegebenen Diagramme genügt um das zu beweisen.

Überhaupt ist die Form der Kurven nicht nur, sondern auch die gesamte Arbeitsleistung sehr leicht durch äußere und innere Einflüsse zu verändern. Zusehen anderer Personen, irgend welche plötzlichen Eindrücke aus der Ferne und vieles andere äußert sich sofort durch einen erneuten Anstieg der Hubhöhe und damit Erhöhung der

Arbeitsleistung. — Schwerer zu kontrollieren und dementsprechend zu meiden sind innere Einflüsse, wie sie Temperament, Stimmung mit sich bringen. Ein Mensch mit lebhaftem Temperament zeichnet viel unregelmäßigere Kurven als ein ruhiger, gleichmäßiger; bei vergnügter Stimmung der Versuchsperson zeigt der Ergograph höheren Arbeitswert als im umgekehrten Falle u. a. m. Wiederholt war auch eine besonders hohe Arbeitsleistung bei dem letzten Versuche eines Tages zu konstatieren. Die Abendwerte stiegen hier meist weit über die höchsten Morgenwerte hinaus. Offenbar wird durch den sogenannten Schlußtrieb, d. h. das Gefühl, die Tagesarbeit hinter sich zu haben, die Leistungsfähigkeit für eine kurze Zeit maximal gesteigert.

Alle diese Beobachtungen ergaben uns wichtige Fingerzeige für die Untersuchungen der Schulkinder. Immerhin leistete die Methode bei Erwachsenen im großen und ganzen Brauchbares. Die Resultate entsprachen im allgemeinen gut den nach Beschäftigungsart und Dauer zu erwartenden und deckten sich auch bei jemand — der sich gut zu beobachten verstand — meistens mit dem subjektiven Gefühl.

So konnten wir für 2 Versuchspersonen durch zahlreiche Versuche folgende Werte für den Tag feststellen:

	Morgens $8^1/_2$ Uhr	Mittags 1 Uhr	Nachmittags 4 Uhr	Abends $7^1/_2$ Uhr
I.	8,739	7,805	7,380	5,867
II.	4,067	3,242	3,354	2,877

In folgendem ein Beispiel der äußeren Einflüsse: ein auffallend hoher Wert nachmittags und abends, weil ein Anderer zusah:

Morgens	Mittags	Nachmittags	Abends
7,751	7,091	10,459	9,048

Als Ergänzung seien hier noch eine Reihe Zahlen angeführt, die Kobrak an sich selbst unter genauer Angabe des psychischen Dispositionsgefühls festgestellt hat:

Sehr frisch	(Mittel aus 10 Morgenwerten)	3,431.
Frisch	(" " 13 ")	3,082.
Mäßig frisch	(" " 6 Versuchen)	2,615.
Etwas müde	(" " 8 ")	2,589.
Sehr müde	(" " 19 ")	2,346.

Interessant ist ferner aus dem Kobrakschen Material eine Periode psychischer Depression infolge geistiger Überarbeitung und körperlicher Indisposition, als Ausdruck davon Gefühl geringer Leistungsfähigkeit, Arbeitsunlust, deprimierte Gemütsstimmung. Dabei zeigten die Ergographenversuchen durchweg gegen die Norm auffallend niedrige Morgen- und stets erhöhte Abendwerte.

Im Mittel früh 2,310 kgm.

	früh	abends
Während der Depression	1,746	2,169
	2,103	2,277
	1,935	2,361

Diese Versuche zeigen also in überzeugender Weise, daß der Ergograph — unter Berücksichtigung der angeführten Momente — bei Erwachsenen brauchbare Resultate gibt.

Ich mußte jedoch bald einsehen, daß auch er der Idealapparat der Ermüdungsmessung der Schulkinder nicht ist, vor allem deswegen nicht, weil man von dem guten Willen der Schüler, ihrem Temperament, ihrem Ehrgeiz, ihrem Interesse, ihrer jeweiligen psychischen Disposition nicht unabhängig ist. Wir hatten auf die verschiedenen inneren und äußeren Einflüsse schon bei den Versuchen an Erwachsenen hingewiesen; bei den Kindern traten diese Momente viel mehr in Erscheinung — auch schon deswegen, weil ihnen die Bedeutung des Apparates natürlich nicht klar war. Um nur einige Kleinigkeiten von oft recht erheblicher Wirkung anzuführen, so waren fast durchweg die Leistungen größer, wenn die Kinder gemeinsam zur bestellten Stunde kamen, sich geneckt hatten, ausgelassen waren, als wenn einer nach dem

andern sich einstellte. Auch strengte sich der schwächere, der nur geringes Gewicht heben konnte, wohl infolge gelegentlicher Neckereien, oft ganz besonders an, um sein leichteres Gewicht möglichst lange zu heben. Daß alle äußeren Einflüsse — Zusehen — nach Möglichkeit vermieden wurden, ist selbstverständlich. Es bleiben aber immer noch eine Reihe von — meist besonders hohen — Arbeitswerten, für die wir keine Erklärung geben können, sondern für die wir irgend welche innere Ursachen in Anspruch nehmen müssen. Denn im Hinblick auf die Gesamtzahl der Versuche sind die Abweichungen wieder zu selten, um zu weitgehenden Schlüssen bezüglich der Ermüdung herangezogen zu werden.

Die erste Aufgabe, die ich mit dem Ergographen zu lösen bestrebt war, ging dahin, festzustellen, ob tatsächlich durch kurzdauernde Rechenversuche — wie vor allem Kraepelin behauptet — so hohe Ermüdungseffekte erzielt werden. Zu diesem Zwecke wählte ich drei Schüler einer städtischen Volksschule im Alter von 13 Jahren.

Der 1., Sch., war der beste seiner Klasse, körperlich kräftig gebaut, nie krank gewesen und ein flinker Rechner.

Der 2., Wo., war ein guter Durchschnittsschüler, immer etwas blaß, aber körperlich gesund und kräftig.

Der 3., Wi., war der schlechteste seiner Klasse und schwächlicher als die beiden anderen. — Alle drei waren meist mit Eifer bei der Sache, strengten sich beim Rechnen sichtlich an, vor allem zeigte der Schwächste großen Ehrgeiz. Sch. und Wo. rechneten bei einem Versuch qualitativ und quantitativ ziemlich gleich, Wi. dagegen blieb in jeder Hinsicht stets zurück. Die Versuchsanordnung war die, daß jeder vor dem Versuch eine Ergographenkurve zeichnen mußte, dann aus seinem gedruckten Rechenbuch eine Reihe von Aufgaben zu lösen hatte und zwar jeder dieselben, worauf mit dem abermaligen Zeichnen einer Kurve der Versuch beendet wurde.

Die Leistung selbst wurde natürlich nach Quantität und Qualität nicht bewertet, sondern nur die Zeit der Arbeit in Anrechnung gebracht. Als erwiesen sahen wir übrigens dabei an, daß gerade Rechnen der anstrengendste Schulzweig ist. — Unabhängig von diesen drei Schülern, die stets gleichzeitig vorgenommen wurden, machte ich in der Anordnung ganz gleiche Ermüdungsversuche an einem der besten Schüler einer städt. Hilfsschule. Dieser 12 jährige Knabe stand hinsichtlich der Leistungsfähigkeit wesentlich niedriger als die 3 anderen, konnte dementsprechend nur ganz leichte Aufgaben lösen und auch diese nur unter großem Zeitaufwand. Körperlich war der Knabe schwächlich gebaut, zeigte ein auffallend scheues Wesen und weinte leicht ohne jeden Grund.

Diese 4 verschiedenen Schülertypen wurden nun erst durch eine große Reihe von Vorversuchen auf den Apparat eingeübt. Die Resultate wurden erst verwertet, als jeder Schüler eine hinreichende Übung erlangt hatte. Die Untersuchungen fanden meist nachmittags gegen 5 Uhr statt. Das zu hebende Gewicht wurde meist ziemlich schwer gewählt und es mußten nach dem Takte des Metronoms 50 Hübe in der Minute ausgeführt werden.

Ein Auszug einer etwa 4 Wochen umfassenden Versuchsperiode ist in beiliegenden 4 Übersichtstabellen gegeben. Auf Grund zahlreicher Beobachtungen, für die wiederholt der Sonntag Vormittag zur Hilfe genommen wurde, habe ich als Durchschnittswert der Kraft des einzelnen, als „Normalarbeitsleistung“ gefunden:

für	Sch.	4,391	kgm,
„	Wo.	4,447	„
„	Wi.	2,757	„
„	H.	3,358	„ .

Vergleichen wir zunächst einmal mit diesen Zahlen die Anfangswerte in den Versuchstabellen, so haben wir eine Antwort auf die Frage, ob im allgemeinen die Schüler ausgeruht zum Versuch kamen oder ob bei irgend einem eine Muskeldepression und damit eine Überbürdung, sei es auch infolge des Vormittagsunterrichtes, sei es infolge häuslicher Arbeiten, nachweisbar war.

Schüler Sch. **Tabelle I.**

Datum	Beschäftigung	Geh. Gewicht	Metronomschläge pro Min.	Zahl der Hube	Ges. Hubhöhe	Gel. Arbeit	№
20. VIII.	Ausgeruht	2,280 kg	100	43	1,804 m	4,117 kgm	I.
=	$^1/_4$ Stunde Gedichte auff., mündl. rechnen.	=	=	57	2,177 m	4,963 kgm	
25. VIII.	Ausgeruht	2,640 kg	=	48	1,800 m	4,752 kgm	II.
=	20 Min. schriftl. rechn.	=	=	56	2,095 m	5,530 kgm	
26. VIII.	Ausgeruht	3,860 kg	=	40	1,187 m	4,592 kgm	III.
=	30 Min. schriftl. rechn.	=	=	35	1,051 m	4,057 kgm	
28. VIII.	Ausgeruht	3,860 kg	=	38	1,054 m	4,068 kgm	IV.
=	40 Min. schriftl. rechn.	=	=	37	1,057 m	4,080 kgm	
3. IX.	Ausgeruht	3,860 kg	=	39	1,225 m	4,728 kgm	V.
=	50 Min. schriftl. rechn.	=	=	44	1,284 m	4,946 kgm	
6. IX.	Ausgeruht	3,860 kg	=	38	1,123 m	4,334 kgm	VI.
=	35 Min. schriftl. rechn.	=	=	37	1,205 m	4,652 kgm	
12. IX.	Ausgeruht	3,860 kg	=	32	0,994 m	3,835 kgm	VII.
=	35 Min. schriftl. rechn.	=	=	46	1,413 m	5,354 kgm	

Schüler Wo. **Tabelle II.**

Datum	Beschäftigung	Geh. Gewicht	Metronomschläge pro Min.	Zahl der Hube	Ges. Hubhöhe	Gel. Arbeit	№
20. VIII.	Ausgeruht	2,280 kg	100	60	2,128 m	4,851 kgm	I.
=	15 Min. Auff. v. Gedichten, mündl. rechnen	=	=	63	1,925 m	4,389 kgm	
23. VIII.	Ausgeruht	2,460 kg		39	1,490 m	3,665 kgm	II.
=	35 Min. schriftl. rechn.	=	=	43	1,508 m	3,709 kgm	
25. VIII.	Ausgeruht	2,460 kg	=	52	1,424 m	3,759 kgm	III.
=	20 Min. schriftl. rechn.	=	=	50	1,348 m	3,559 kgm	
26. VIII.	Ausgeruht	2,820 kg	=	76	2,170 m	6,119 kgm	IV.
=	30 Min. schriftl. rechn.	3,860 kg	=	44	1,132 m	4,369 kgm	
3. IX.	Ausgeruht	3,860 kg	=	39	0,942 m	3,536 kgm	V.
=	50 Min. schriftl. rechn.	=	=	35	0,961 m	3,709 kgm	
6. IX.	Körper etwas angestrengt vorher. . .	3,860 kg	=	41	1,072 m	4,137 kgm	VI.
=	35 Min. schriftl. rechn.	=	=	48	1,338 m	5,164 kgm	
11. IX.	Ausgeruht	3,860 kg		33	0,945 m	3,651 kgm	VII.
=	40 Min. schriftl. rechn.	=		50	1,240 m	4,786 kgm	
12. IX.	Ausgeruht	3,860 kg	=	51	1,639 m	6,326 kgm	VIII.
=	35 Min. schriftl. rechn.	=	=	29	0,900 m	3,474 kgm	

Schüler Wi. **Tabelle III.**

Datum	Beschäftigung	Geh. Gewicht	Metronomschläge pro Min.	Zahl der Hube	Ges. Hubhöhe	Gel. Arbeit	№
20. VIII.	Ausgeruht	2,280 kg	100	43	1,418 m	3,233 kgm	I.
„	¼ Stunde Aufsagen von Gedichten; mündl. rechnen	„	„	32	1,067 m	2,432 kgm	
23. VIII.	Ausgeruht. . . .	2,460 kg	„	42	1,294 m	3,182 kgm	II.
„	30 Min. schriftl. rechn.	„	„	42	1,320 m	3,247 kgm	
25. VIII.	Ausgeruht. . . .	2,640 kg	„	33	1,009 m	2,663 kgm	III.
„	25 Min. schriftl. rechn.	„	„	34	0,931 m	2,157 kgm	
26. VIII.	Ausgeruht	2,820 kg	„	40	1,029 m	2,902 kgm	IV.
„	30 Min. schriftl. rechn.	„	„	40	0,998 m	2,814 kgm	
28. VIII.	Ausgeruht	2,820 kg	„	37	1,038 m	2,927 kgm	V.
„	40 Min. schriftl. rechn.	„	„	33	0,815 m	2,298 kgm	
3. IX.	Ausgeruht	2,820 kg	„	29	0,862 m	2,430 kgm	VI.
„	50 Min. schriftl. rechn.	„	„	45	1,277 m	3,601 kgm	
				Riemen zu lose geschnallt!			
6. IX.	Ausgeruht	2,820 kg	„	34	1,036 m	2,922 kgm	VII.
„	50 Min. schriftl. rechn.	„	„	35	0,982 m	2,769 kgm	
12. IX.	Ausgeruht. . . .	3,500 kg	„	43	1,078 m	3,773 kgm	VIII.
„	30 Min. im Glaskasten schriftl. gerechn. . .	„	„	34	0,827 m	2,894 kgm	

Schüler H. **Tabelle IV.**

Datum	Beschäftigung	Geh. Gewicht	Metronomschläge pro Min.	Zahl der Hube	Ges. Hubhöhe	Gel. Arbeit	№
2. IX.	Ausgeruht	2,640 kg	100	40	0,913 m	2,410 kgm	I.
„	10 Min. mündl. rechn.	„	„	35	0,821 m	2,167 kgm	
4. IX.	Ausgeruht	2,820 kg	„	36	0,815 m	2,298 kgm	II.
„	15 Min. mündlich u. schriftl. gerechnet . .	„	„	30	0,904 m	2,549 kgm	
8. IX.	Ausgeruht	2,820 kg	„	34	0,806 m	2,273 kgm	III.
„	35 Min. mündlich u. schriftlich rechnen. .	„	„	27	0,798 m	2,240 kgm	
10. IX.	Ausgeruht	2,820 kg	„	32	0,842 m	2,374 kgm	IV.
„	40 Min. schriftl. rechn.	„	„	29	0,802 m	2,261 kgm	
11. IX.	Ausgeruht	3,500 kg	„	26	0,702 m	2,457 kgm	V.
„	35 Min. mündl. rechn. + Diktat	„	„	28	0,696 m	2,436 kgm	
12. IX.	Ausgeruht	3,500 kg	„	27	0,697 m	2,439 kgm	VI.
„	40 Min. schriftl. rechn.	„	„	25	0,649 m	2,272 kgm	

Bei Sch. halten sich die Werte durchweg entsprechend der Normalarbeitsleistung, bei Wo. dagegen liegen sie teils erheblich darunter, teils erheblich darüber. Überhaupt sind die Kurven gerade dieses Knaben so schwankend und ungleichmäßig, daß es nicht möglich erscheint, hier irgend eine Gesetzmäßigkeit zu finden. Eine Erklärung dafür liegt vielleicht in dem launischen, unbeständigen Charakter des Jungen, der bald übereifrig sich anstellte, bald offenkundig keine Lust hatte. Jedenfalls erscheint der Schluß nicht gerechtfertigt, für die Tage mit niederen Anfangswerten eine verminderte Leistungsfähigkeit anzunehmen. Eine Berechnung aus 10 Versuchen, bei denen absichtlich die so ganz aus der Reihe herausfallenden Resultate vernachlässigt sind, ergibt als Durchschnittswert 3,622 kgm, einen Wert, der sicher eher der Normalarbeitsleistung der drei anderen parallel zu stellen ist.

Sehen wir uns nun die eigentlichen Ergebnisse der Versuche an.

Tabelle I — Schüler Sch. — zeigt im allgemeinen nach einer geistigen Anstrengung, wie sie bis zu 50 Minuten langes, eifriges Rechnen erfordert, keine Ermüdung; im Gegenteil, die Beschäftigung regt den Jungen an, er leistet nach dem Versuch mehr oder wenigstens ebensoviel wie vorher. Daß Versuch VII ganz abweichende Zahlen zeigt, für die irgend ein Anhalt aus äußeren Gründen nicht zu finden war, darf uns nach früher Gesagtem nicht wundern. Ein guter Schüler gibt also nach $^3/_4$ stündigem Rechnen am Ergographen keinen Ermüdungsausschlag.

In Tabelle II — bei dem Durchschnittsschüler Wo. — finden wir 4 Ermüdungswerte, von denen zwei wegen der ganz aus der Reihe fallenden Anfangswerte kaum zu verwerten sind. Immerhin könnte man sagen, daß halbstündiges Rechnen gelegentlich geringe Ermüdung erzeugt. Indes wir haben die Art der Kurven dieses Knaben schon charakterisiert und möchten deshalb lieber den Schluß ziehen, daß hier die subjektiven Einflüsse deutlich zu groß sind und bei Verwertung der Resultate sehr zur Vorsicht mahnen.

Die Schüler Wi. und H. zeigen in ihren Kurven Tabelle III und IV. eine gewisse Gleichmäßigkeit. Bei beiden gibt der Ergograph schon nach $^1/_4$ stündiger Arbeitsleistung Ermüdungswerte. Daß jedoch die Muskeldepression nicht groß genug ist, um nicht leicht durch äußere Einflüsse verwischt zu werden, beweist Versuch II, Tabelle IV. Hier sah beim Zeichnen der zweiten Kurve ein Fremder zu, gleich reagiert die Versuchsperson mit einer Erhöhung der Arbeitsleistung.

In Tabelle III finden wir bei Versuch I und VIII auffallend hohe Ermüdungswerte, die beide zwanglos erklärbar sind. Bei dem Aufsagen von Gedichten und mündlichem Wettrechnen — wie es bei I ausnahmsweise geübt wurde — blieb Wi. stark hinter seinen Klassengenossen zurück. Um nun nicht zu sehr ihren Spott herauszufordern, strengte er sich ganz besonders an und wurde offenbar daher stärker ermüdet.

Bei dem Versuch VIII hatten wir folgende Anordnung getroffen: Wi. mußte in einem nicht ventilierbaren und daher sehr warmen Glaskasten, von 3 $^1/_2$ cm Inhalt, in dem er gerade an einem kleinen Tischchen Platz hatte, rechnen. Wir wollten wissen, ob wohl durch die so bedingte Wärmestauung ein erhöhter Ermüdungseffekt erzielt würde. Der Ergograph bestätigt diese Vermutung.

Beim Vergleich von Tabelle III und IV fällt zunächst auf, daß der geistig sicher minderwertigere Schüler viel geringere Ermüdung bei gleicher Arbeitsdauer zeigt als Wi. Das erklärt sich aber vollkommen aus der Eigenart des psychopathischen Jungen, dem ungeheuer schwer Interesse für die Versuche beizubringen war, von irgend einem Affekt dabei war nie die Rede, er rechnete gleichmäßig, langsam und bedächtig, ohne sich sonderlich anzustrengen. Wi. dagegen strengte sich in dem Eifer, es seinen Klassenkameraden gleich zu tun, stets maximal an. Es erscheint deshalb vielleicht nicht überflüssig, bei dieser Gelegenheit darauf hinzuweisen, daß keineswegs gerade immer die geistig minderwertigsten Kinder am leichtesten ermüdbar sind, und daß noch weniger etwa der Grad der Ermüdung der geistigen

Minderwertigkeit proportional sei. Nur die Schüler, die den Ehrgeiz haben, es vollwertigen gleich zu tun, nach ihren geistigen Fähigkeiten aber daran behindert sind, geben große Ermüdungsausschläge. Z. B. würde ein Schüler von dem Eifer und dem Ehrgeiz des Wi., aber von etwas geringeren geistigen Fähigkeiten als dieser, sicherlich durch einen regulären Schulunterricht zu sehr angestrengt werden.

Wir dürfen also aus diesen Versuchen den Schluß ziehen, daß schlechte und psychopathische Schüler schon nach $^1/_4$ stündigem Rechnen die ersten Anzeichen der Ermüdung zeigen, daß diese Ermüdung aber auch nach 40—50 Minuten keinen übermäßig hohen Grad erreicht — es sei denn, daß andere schädigende Momente, Wärmestauung, besonderer Wetteifer, hinzukommen.

Was beweisen nun diese Versuche für die Brauchbarkeit der Ergographenmethode?

1. Auch der Ergograph gestattet nur eine kleine Zahl von Versuchspersonen gleichzeitig zu untersuchen.
2. Ein absolut objektives Maß für die geistige Ermüdung gibt uns auch der Ergograph nicht an die Hand, immerhin reicht er aus, um schwache und psychopathische Kinder von guten und Durchschnittsschülern zu sondern.

Ich konnte mich, als ich an diesen Punkt unserer Untersuchungen gelangt war, der Einsicht nicht verschließen, daß es wünschenswert sei, eine Methode zu finden, die von subjektiven Momenten absolut nicht beeinflußbar sei. In diesem Wunsche hatte ich zu prüfen begonnen, ob sich nicht die Messung der Erregbarkeit eines Nerven mittels Kondensatorentladungen für die Ermüdungsmessung verwerten lasse. Die nach der Literatur, wie es scheint, erwiesene Konstanz der Werte für jede einzelne Person glaubte ich nach meinen Vorversuchen bestätigen zu können, auch schien mir ein Einfluß kurzdauernder geistiger Arbeit zunächst in erregendem Sinne nachweisbar.

Äußere Umstände verhindern mich zunächst diese Untersuchungen fortzuführen.

Ich verfüge aber noch aus dem Kobrakschen Material über eine Reihe von Zahlen auf Grund von Ergographenmessungen, die vor und nach der Schule vorgenommen werden, also die Frage entscheiden, ob in der betreffenden Schule der 5stündige Vormittagsunterricht geistige Überbürdung der Kinder bedingte oder nicht.

Ich beschränke mich darauf, für 5 verschiedene Kinder die Durchschnittswerte von ca. je 10 Untersuchungen anzugeben.

	Vor der Schule	Nach der Schule
1.	1,231 kgm	1,292 kgm,
2.	1,564 „	1,541 „
3.	4,418 „	6,200 „
4.	1,181 „	1,320 „
5.	0,650 „	0,588 „ .

Von einer Überbürdung kann also nicht die Rede sein. Das Kind 5 ist sowohl nach Körperkonstitution als auch nach geistigen Fähigkeiten unserem Schüler Wi. zu vergleichen; es entspricht also durchaus den bei unseren Rechenresultaten gewonnenen Ergebnissen, wenn wir hier einen geringen Ermüdungseffekt nachweisen können.

Da aber auch dies Kind nachmittags wieder der Normalleistung entsprechende Kurven am Ergographen zu zeichnen imstande war, ist auch bei ihm Übermüdung nicht vorhanden. Auch war niemals ein schädigender Einfluß vom Tage vorher zu konstatieren, da die Morgenwerte immer der Normalarbeitsleistung entsprachen.

Die Gesamtresultate meiner Erwägungen und Versuche kann ich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Keine der bisher zur Messung der geistigen Ermüdung angegebenen Methoden erfüllt vollkommen ihren Zweck, vor allem deswegen nicht, weil keine eine rein objektive Messung gestattet.

2. Geistige Überbürdung normaler Schulkinder ist daher von keiner Seite sicher bewiesen, denn die gegenteiligen Resultate beruhen auf nicht einwandfreien Methoden.
3. Verhältnismäßig am leistungsfähigsten ist der Ergograph. Er gestattet aber auch nur wenig Schüler gleichzeitig zu untersuchen, ist von subjektiven Momenten nicht unabhängig und seine Anwendung ist mit technischen Schwierigkeiten verknüpft.
4. Unsere eigenen Versuche beweisen, daß die von Burgerstein, Kraepelin u. a. aufgestellte Behauptung, schon $^1/_4$ stündiges Rechnen erzeuge geistige Ermüdung, nur für die schwächsten Schüler und für psychopathische Kinder zutrifft, daß aber
5. diese Ermüdung der schwächsten Schüler sich am Nachmittag schon wieder ausgeglichen hat.
6. Psychopathische Kinder dagegen zeigen Ausschläge, welche befürchten lassen, daß sie ohne Schaden für ihre Gesundheit dem Unterricht in einer regulären Schule nicht folgen können. Für diese ist die Unterbringung in sogen. Hilfsschulen angezeigt.

Allerdings ist das nur der Fall, wenn die geistige Minderwertigkeit dieser Schüler nicht soweit geht, daß ihnen das Gefühl des Ehrgeizes und das Bestreben des Wetteiferns mit den Klassengenossen fehlt.

Literaturverzeichnis.

1. Erb: Über die wachsende Nervosität unserer Zeit. Koester, Heidelberg 1894.
2. Schuschny: Über die Nervosität der Schuljugend. Fischer, Jena 1895.
3. E. Kraepelin: Zur Hygiene der Arbeit. Fischer, Jena 1896.
4. — Über geistige Arbeit, Ebenda 1897.
5. — Zur Überbürdungsfrage, Ebenda 1897.
6. — Über die Messung der geistigen Leistungsfähigkeit und Ermüdbarkeit. Vhdlg. d. Ges. Deutsch. Naturf. u. Ärzte, Düsseldorf 1898.
7. Richter: Unterricht und geistige Ermüdung. Lehrproben und Lehrgänge 1895.
8. Schmid-Monnard: Die chronische Kränklichkeit in unseren mittleren und höheren Schulen. Ztschr. f. Schulges., 1897, Bd. X.
9. — Entstehung und Verhütung nervöser Zustände bei Schülern höherer Lehranstalten. Ebenda 1899.
10. Nesteroff: Die moderne Schule und die Gesundheit. Ebenda 1890.
11. Kotelmann: Dr. Francis Warners Bericht über die ärztliche Untersuchung von 14 Londoner Schulen. Ebenda 1890.
12. Axel Key: Schulhygienische Untersuchungen. Deutsch von L. Burgerstein. Voß 1889.
13. Jaeger: Schulhygienische Untersuchungen. Deutsche Vierteljahresschr. XXVI, 4.
14. Kollmann: Die Schulhygiene und ihre neueste Forderung. Freiburg 1890.
15. Sikorski: Sur les effets de la lassitude. Annale d'hygiène publique. Paris 1879.
16. Burgerstein: Die Arbeitskurve einer Schulstunde. Ztschr. f. Schulges. 1891.
17. Hoepfner: Über die geistige Ermüdung von Schulkindern. Ztschr. f. Psychol. u. Phys. der Sinnesorg. VI.
18. Friedrich: Untersuchungen über die Einflüsse der Arbeitsdauer und der Arbeitspausen auf die geistige Leistungsfähigkeit der Schulkinder. Ebenda, Band XIII.
19. Laser: Über geistige Ermüdung beim Schulunterricht. Ztschr. f. Schulges. 1894.
20. Kemsies: Arbeitshygiene der Schule auf Grund von Ermüdungsmessungen. Abhdlg. aus dem Gebiet der pädag. Psychol. u. Physiol. II, 1.
21. Ritter: Ermüdungsmessungen. Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorg. XXIV.
22. Ebbinghaus: Über eine neue Methode zur Prüfung geistiger Fähigkeiten und ihre Anwendung bei Schulkindern. Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorg. 1897.
23. Teljatnik: Zur Frage der psychischen Ermüdung bei Schulkindern. Ref. Neurol. Zentralblatt 1896.
24. Griesbach: Besprechung einer neuen Methode von Ebbinghaus zur Prüfung geistiger Fähigkeiten bei Schulkindern. Ztschr. f. Schulges. 1897.
25. — Über Beziehungen zwischen geistiger Ermüdung und Empfindungsvermögen der Haut. Archiv f. Hygiene XXIV.
26. Griesbach: Ein neues Ästhesiometer. Deutsche med. Woch. 1897, 478.
27. Leuba: On the validity of the Griesbach method of determining fatigue. The Psychological Review, Bd. VI, 573.
28. Vannod: La fatigue intellectuelle et son influence sur la sensibilité cutanée. Genf Rey & Malavallon, 1896.
29. Wagner: Unterricht und Ermüdung. Abhdlg. der pädag. Psychol. u. Physiol. 1898.
30. Sakaki: Ermüdungsmessungen in 4 japanischen Schulen. Internat. Archiv für Schulhygiene, I, 1.
31. Adsersen: Eine Ästhesiometermessung. Ztschr. f. Schulges. 1904.
32. Eulenburg: Die Schularztfrage. Hyg. Rundschau 1898.
33. Weygandt: Psychiatrisches zur Schularztfrage. Münch. mediz. Woch. 1900.
34. Keller: Pädagogische Psychometrie. Biol. Centralblatt 1894.
35. Mosso: Die Ermüdung. 1892, Hirzel, Leipzig.
36. Weichardt: Ermüdungs- und Überermüdungsmaßmethoden. Viertelj. f. öff. Ges. 1907, 3.
37. Burgerstein u. Netolitzky: Handbuch der Schulhygiene. II. Aufl., Fischer, Jena 1902.

Lebenslauf.

Ich, Johannes Rudolf Alexander, evangelischer Konfession und Preuße, wurde als Sohn des verstorbenen Regierungs- und Medizinalrats Dr. Alexander und seiner Ehefrau Hermine, geb. Alexander, am 30. November 1881 zu Bublitz in Pommern geboren. Ich besuchte zunächst daselbst die höhere Bürgerschule, dann von Ostern 1892 bis Michaelis 1895 das Gymnasium in Belgard a. d. Pers., von da an das Kgl. König Wilhelms-Gymnasium zu Breslau, meinem Wohnort; hier wurde ich Ostern 1901 mit dem Zeugnis der Reife entlassen, worauf ich mich 9 Semester dem Studium der Medizin und zwar ausschließlich in Breslau widmete. Das Staatsexamen beendete ich am 23. Februar 1906. Meiner Militärpflicht genügte ich vom 1. April bis 1. Oktober 1903 mit der Waffe, vom 1. April bis 1. Oktober 1906 als einjähriger Arzt beim Grenadier-Regiment König Friedrich III. (2. Schles.) Nr. 11. Am 27. Januar 1907 wurde ich zum Assistenzarzt d. Res. befördert. Seit dem 1. Oktober 1907 bin ich Assistent am Kgl. hygienischen Institut (Direktor: Geheimrat Prof. Dr. Flügge).

Während meiner Studienzeit hörte ich die Vorlesungen und Kurse folgender Herren Professoren und Dozenten:

Anschütz, Bonhoeffer, Brefeld, Czerny, Dienst, Filehne, Flügge, Frech, Gottstein, Hasse, Heine, Henle, Hinsberg, Hürthle, Kausch, Klingmüller, Krause, Kükenthal, Küstner, Ladenburg, Lesser, O. E. Meyer, v. Mikulicz-Radecki †, Neisser, Peter, Ponfick, Reichenbach, Röhmann, Sachs, Schaper †, Schäffer, Stern, v. Strümpell, Uhthoff, Winkler.

Allen diesen meinen hochverehrten Lehrern spreche ich an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus.

Breslau, den 29. Dezember 1907.